

**STUDI PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* SERAT
BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Aspergillus* sp.
(Bio GGP 3) TERHADAP PENEKANAN *Phytophthora* sp. DAN
PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)**

(Tesis)

Oleh

**NADIA FAKHRIYATI ARFA
NPM 2027021010**



**MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

STUDI PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI INOKULUM *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) TERHADAP PENEKANAN *Phytophthora* sp. DAN PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Oleh

NADIA FAKHRIYATI ARFA

Serat limbah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan bagian yang sulit terurai sehingga diperlukan induser yang mampu mendegradasi selulosa pada serat nanas dengan baik. Enzim selulase yang dihasilkan fungi *Aspergillus* sp. mampu mempercepat proses penguraian dan mendukung perkembangan teknologi pengomposan yang ramah lingkungan, salah satunya adalah *Aerated Compost Tea* (ACT). ACT selain meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah secara langsung, juga berfungsi sebagai biokontrol terhadap hama dan penyakit tanaman. Pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang digunakan sebagai tanaman uji merupakan tanaman sayuran yang rentan terhadap infeksi penyakit busuk daun yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora* sp. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. terhadap pengendalian *Phytophthora* sp. pada tanaman pakcoy sekaligus pertumbuhan pakcoy. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan, pertama, analisis kimia dan biologi ACT serat bromelain. Kedua, uji *in vitro* ACT serat bromelain. Ketiga, uji *in vivo* ACT serat bromelain. Pengujian *in vitro* dan *in vivo* ACT serat bromelain dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, yaitu faktor ACT serat bromelain yang terdiri dari tiga level perlakuan komposisi kompos : air yaitu, 1:3; 1:4; dan 1:5 dengan waktu aerasi selama 48 jam. Data kualitas ACT (kimia dan biologi) dan uji *in vitro* dianalisis secara deskriptif. Data kuantitatif hasil uji *in vivo* dianalisis varian (ANOVA) dan apabila terdapat perbedaan nyata, analisis dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum

Aspergillus sp. (Bio GGP 3) memiliki kualitas kimia dan biologi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol, dengan hasil tertinggi diperoleh dari perlakuan P1 yaitu 1 : 3 (100 gram kompos : 300 mL air). Hasil uji *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa ACT serat bromelain dapat menghambat pertumbuhan *Phytophthora* sp. dan meningkatkan pertumbuhan tanaman pakcoy yang diinfeksi *Phytophthora* sp.. Perbandingan level perlakuan kompos : air terbaik pada semua parameter pengamatan morfologi dan fisiologi ditunjukkan oleh perlakuan P1, yaitu 1 : 3 (100 gram kompos : 300 mL air).

Kata Kunci: *Ananas comosus* (L.) Merr., *Aspergillus* sp., *Aerated Compost Tea*, *Brassica rapa* L., *Phytophthora* sp.

ABSTRACT

STUDY OF AERATED COMPOST TEA BROMELAIN FIBER INDUCED BY INOCULUM *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) AGAINST REPRESSION OF *Phytophthora* sp. AND GROWTH OF PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

By

NADIA FAKHRIYATI ARFA

(*Ananas comosus* (L.) Merr.) waste fiber is a part the difficult to decompose, so an inducer is needed that is able to degrade cellulose in pineapple fiber properly. The cellulase enzyme produced by the fungus *Aspergillus* sp. able to speed up the decomposition process and support the development of environmentally friendly composting technology, one of which is *Aerated Compost Tea* (ACT). ACT besides increasing the availability of soil nutrients directly, also functions as a biocontrol against plant pests and diseases. Pakcoy (*Brassica rapa* L.) used as the test plant is a vegetable that is susceptible to late blight infection caused by the fungus *Phytophthora* sp. The purpose of this study was to determine the effect of bromelain fiber ACT induced by *Aspergillus* sp. on the control of *Phytophthora* sp. in pakcoy plants as well as pakcoy growth. This research was conducted from March to June 2022 at the Microbiology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Lampung. This research consisted of 3 stages, first, chemical and biological analysis of bromelain fiber ACT. Second, the bromelain fiber ACT *in vitro* test. Third, the bromelain fiber ACT *in vivo* test. Testing *in vitro* and *in vivo* ACT of bromelain fiber was performed using Completely Randomized Design (RAL) 1 factor, namely the bromelain fiber ACT factor which consists of three treatment levels of compost composition : water, which is, 1:3; 1:4; and 1:5 with time aeration during 48 hours. ACT quality data (chemical and biological) and test *in vitro* analyzed descriptively. Quantitative data results test *in vivo* analysis of variance (ANOVA) and if there is a significant difference, the analysis is continued with the *Tukey test* at 5% significance level to determine differences between treatments. Results study show that ACT induced bromelain fiber inoculum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) have quality chemical and more biology tall compared treatment control,

with results highest obtained from treatment P1, which is 1 : 3 (100 grams of compost : 300 mL of water). Results test *in vitro* and *in vivo* show that bromelain fiber ACT can hinder growth *Phytophthora* sp. and increase growth plant infected pakcoy *Phytophthora* sp. Comparison treatment level compost : water is best on all observation parameters morphology and physiology showed by treatment P1, which is 1 : 3 (100 grams of compost : 300 mL of water).

Keywords: *Ananas comosus* (L.) Merr., *Aspergillus* sp., *Aerated Compost Tea*, *Brassica rapa* L., *Phytophthora* sp.

**STUDI PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA* SERAT BROMELAIN
YANG DIINDUKSI INOKULUM *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3)
TERHADAP PENEKANAN *Phytophthora* sp. DAN PERTUMBUHAN
TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)**

Oleh

Nadia Fakhriyati Arfa

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Studi Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

Judul : **STUDI PEMBERIAN *AERATED COMPOST TEA*
SERAT BROMELAIN YANG DIINDUKSI
INOKULUM *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3)
TERHADAP PENEKANAN *Phytophthora* sp. DAN
PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY
(*Brassica rapa* L.)**

Nama Mahasiswa : ***Nadia Fakhriyati Arfa***

NPM : 2027021010

Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP. 196503031992031006

Dra. Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP. 196108031989032002

2. Ketua Program Studi Magister Biologi

Dr. Nubing Nurcahyani, M.Sc.
NIP. 196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

Sekretaris : Dra. Rochmah Agustina, Ph.D.

**Penguji
Bukan Pembimbing 1 : Dr. Mahfut, M.Sc.**

Bukan Pembimbing 2 : Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Dr. Eng Surtpto Dwi Yuwono, M.T.
NIP. 197407052000031001**

3. Direktur Program Pascasarjana

**Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 197104151998031005**

Tanggal Lulus Ujian: 29 November 2022

Handwritten signatures in blue ink, corresponding to the names listed in the text. The signatures are placed over dotted lines. From top to bottom: Bambang Irawan, Dra. Rochmah Agustina, Dr. Mahfut, Dr. Sri Wahyuningsih, Dr. Eng Surtpto Dwi Yuwono, and Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir.



PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadia Fakhriyati Arfa

NPM : 2027021010

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 30 November 2022
Pembuat pernyataan,



Nadia Fakhriyati Arfa
NPM. 2027021010

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kuala Lumpur, pada tanggal 27 Desember 1996. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Dr. Arpandi, Lc., M.A. dan Ibu Farida Rahmawati, S.Ag., M.Kom.I.

Penulis mengawali jenjang pendidikan di Tadika Islam Siraju-Huda, Gombak Fasa II, Kuala Lumpur pada Tahun 2001. Pada tahun 2003 penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Kebangsaan Taman Setia, Gombak, Selangor.

Pada tahun 2005 penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Indonesia Kuala Lumpur, kemudian penulis menyelesaikan pendidikan dasarnya di Sekolah Dasar Negeri 1 Rawa Laut, Bandar Lampung. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2008, selanjutnya melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2011.

Pada tahun 2014, penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) serta meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada tahun 2018. Selanjutnya, pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikannya di Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penulis dinyatakan lulus sebagai Magister Sains (M.Si.) pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT atas taburan kasih sayang serta kemudahan yang diberikan, sehingga karya yang sederhana ini dapat terselesaikan. Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda cinta dan kasihku kepada:

Ibunda dan Ayahanda yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, semangat, serta doa yang tiada hentinya dalam setiap langkah perjalanan hidupku.

Ketiga adik kesayangan yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan pendidikanku.

Bapak Ibu Guru dan Dosen yang telah memberikan ilmu serta pengalaman dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.

Sahabat serta rekan seperjuangan yang selalu ada untuk saling mengingatkan dan menguatkan.

MOTTO

Barangsiapa yang hendak menguasai dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu. Barangsiapa menginginkan akhirat, hendaklah ia menguasai ilmu. Dan barangsiapa yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat), hendaklah ia menguasai ilmu.
(HR. Ahmad)

Tahapan pertama dalam mencari ilmu adalah mendengarkan, kemudian diam dan menyimak dengan penuh perhatian, lalu menjaganya, lalu mengamalkan dan kemudian menyebarkannya.
(Sufyah bin Uyainah)

Barangsiapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah memudahkannya jalan menuju Syurga.
(HR. Turmudzi)

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul **“Studi Pemberian *Aerated Compost Tea* Serat Bromelain Yang Diinduksi Inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) Terhadap Penekanan *Phytophthora* sp. Dan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)”** dengan sebaik-baiknya.

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak Dr. Bambang Irawan, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Pembimbing Akademik yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, arahan, bimbingan, motivasi, nasihat, serta semangat selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
5. Ibu Dra. Rochmah Agustrina, Ph.D. selaku Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu pengetahuan, nasihat, arahan, serta motivasi selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
6. Bapak Dr. Mahfut, M.Sc. selaku Pembahas I yang telah memberikan ilmu pengetahuan, nasihat, arahan, dan saran dalam penyusunan tesis.
7. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Pembahas II yang telah memberikan ilmu pengetahuan, nasihat, saran, dan arahan dalam penyusunan tesis.

8. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, atas ilmu pengetahuan, bimbingan, arahan, nasihat, serta motivasi, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan tesis.
9. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
10. Bapak Dr. Sumardi, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
11. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku Laboran Mikrobiologi tersayang yang telah membantu, memberikan semangat, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian.
12. Seluruh Dosen dan Staff Civitas Akademika Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, terima kasih atas ilmu yang selalu diberikan kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Program Studi Magister Biologi.
13. Kedua orang tuaku tercinta, Ayah Dr. Arpandi, Lc., MA dan Ibu Farida Rahmawati, S.Ag., M.Kom.I. yang selalu memberikan kasih sayang, doa, motivasi, semangat, serta dukungan baik moril dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
14. Ketiga adikku tersayang, M. Fadhil Azzam Arfa, S.H., Sofwatul Hanim, dan Muhammad Adib yang selalu memberikan semangat dan dukungannya sehingga menulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
15. Sahabat-sahabatku tim “Menuju M.Si” tersayang, Sesti Edina Merisca dan Moza Fierda Atiek yang selalu menjaga kebersamaan, menghadirkan canda tawa, suka duka, dan semangat sehingga dapat menyelesaikan pendidikan S2 ini dengan baik.
16. Seluruh teman-teman Magister Biologi angkatan 2020.
17. Semua pihak yang telah membantu dalam proses perkuliahan, yang tidak dapat dituliskan satu persatu.
18. Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis berharap semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi semua pihak, khususnya berguna bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Bandar Lampung, 30 November 2022

Penulis,

Nadia Fakhriyati Arfa

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Kerangka Pikir.....	5
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nanas (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.).....	7
2.2 Fungi.....	8
2.2.1 <i>Aspergillus</i> sp.....	9
2.2.2 <i>Phytophthora</i> sp.....	10
2.2.3 Inokulum.....	11
2.3 Kompos.....	12
2.3.1 Dekomposisi	13
2.3.2 <i>Compost Tea</i>	13
2.4 Tanaman Pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L.)	15
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan	
3.2.1 Alat	18
3.2.2 Bahan	18
3.3 Rancangan Penelitian	19
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.5 Pelaksanaan Penelitian	
3.5.1 Peremajaan Fungi	22
3.5.1.1 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	22
3.5.1.2 Peremajaan <i>Aspergillus</i> sp.....	22
3.5.1.3 Peremajaan <i>Phytophthora</i> sp.....	23

3.5.2	Preparasi Media Inokulum.....	23
3.5.3	Penghitungan Jumlah Spora dan <i>Colony Forming Unit</i> (CFU)	23
3.5.4	Aplikasi Inokulum <i>Aspergillus</i> sp. pada Pengomposan Serat Bromelain	25
3.5.5	Pembuatan <i>Aerated Compost Tea</i> (ACT) Serat Bromelain ...	26
3.5.6	Analisis Kimia <i>Aerated Compost Tea</i> (ACT)	
3.5.6.1	Penentuan Kadar C	26
3.5.6.2	Penentuan Kadar N.....	27
3.5.6.3	Penentuan Kadar P.....	27
3.5.6.4	Penentuan Kadar K.....	28
3.5.6.5	Rasio C/N	29
3.5.7	Analisis Biologi <i>Aerated Compost Tea</i> (ACT)	
3.5.7.1	Penghitungan Populasi Mikroba Pada <i>Aerated Compost Tea</i>	29
3.5.8	Uji <i>In Vitro</i> ACT Terhadap Penekanan Jamur Patogen <i>Phytophthora</i> sp.....	30
3.5.9	Uji <i>In Vivo</i> ACT Terhadap Penekanan Jamur Patogen <i>Phytophthora</i> sp.....	32
3.5.9.1	Intensitas Kejadian Penyakit	32
3.5.9.2	Morfologi Tanaman	33
3.5.9.2.1	Tinggi Tanaman	33
3.5.9.2.2	Jumlah Daun.....	33
3.5.9.2.3	Berat Segar Tanaman	34
3.5.9.2.4	Berat Kering Tanaman	34
3.5.9.3	Fisiologi Tanaman	34
3.5.9.3.1	Analisis Kandungan Klorofil.....	34
3.5.9.3.2	Analisis Kandungan Karbohidrat	35
3.5.9.3.3	Analisis Kandungan Enzim Peroksidase..	35
3.6	Analisis Data	36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian	37
4.1.1	Hasil Analisis Kualitas Kimia dan Biologi ACT Serat Bromelain	37
4.1.1.1	Hasil Analisis Kimia ACT Serat Bromelain	37
4.1.1.2	Hasil Penghitungan Populasi Mikroba ACT Serat Bromelain	38
4.1.2	Hasil Uji <i>In Vitro</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Penekanan Pertumbuhan Jamur Patogen <i>Phytophthora</i> sp. ..	39
4.1.3	Hasil Uji <i>In Vivo</i> ACT Serat Bromelain Terhadap Infeksi Patogen <i>Phytophthora</i> sp. Pada Tanaman Pakcoy	40
4.1.3.1	Hasil Intensitas Kejadian Penyakit	40
4.1.3.2	Hasil Pengamatan Morfologi Tanaman Pakcoy	42

4.1.3.3	Hasil Pengamatan Fisiologis Tanaman Pakcoy	44
4.2	Pembahasan	
4.2.1	Kualitas Kimia dan Biologi ACT Serat Bromelain	45
4.2.1.1	Analisis Kimia (C, N, P, K, dan Rasio C/N) ACT Serat Bromelain	45
4.2.1.2	Jumlah Populasi Mikroba ACT Serat Bromelain	47
4.2.2	Penekanan Pertumbuhan Patogen <i>Phytophthora</i> sp. Secara <i>In Vitro</i> Oleh ACT Serat Bromelain	49
4.2.3	Penekanan Pertumbuhan Patogen <i>Phytophthora</i> sp. Pada Tanaman Pakcoy Secara <i>In Vivo</i> Oleh ACT Serat Bromelain	50
4.2.3.1	Intensitas Kejadian Penyakit	51
4.2.3.2	Pengamatan Morfologi Tanaman Pakcoy Setelah Aplikasi ACT Serat Bromelain	53
4.2.3.3	Pengamatan Fisiologi Tanaman Pakcoy Setelah Aplikasi ACT Serat Bromelain	55
V. KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		72

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kualitas Kimia (C, N, P, K dan Rasio C/N) ACT Serat Bromelain	38
2. Nilai Rata-Rata Populasi Bakteri dan Fungi ACT Serat Bromelain yang Diinduksi Inokulum <i>Aspergillus</i> sp. (Bio GGP 3)	38
3. Persentase Intensitas Kejadian Penyakit Tanaman Pakcoy yang Diinfeksi Patogen <i>Phytophthora</i> sp.	42
4. Kandungan Klorofil Karbohidrat, dan Enzim Peroksidase Pada Tanaman Pakcoy Hasil Aplikasi ACT Serat Bromelain.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagian-Bagian Tanaman Nanas.....	8
2. Bentuk Makrokopis dan Mikrokopis <i>Aspergillus</i> sp.....	10
3. Bagian-Bagian Tanaman Pakcoy	16
4. Diagram Alir Penelitian	21
5. Tata Letak Perlakuan ACT Serat Bromelain	26
6. Uji <i>In Vitro</i> ACT Serat Bromelain	31
7. Jenis Interaksi Pada Pengujian Kompatibilitas	31
8. Hasil Uji Kompatibilitas ACT Serat Bromelain yang Diinduksi Inokulum <i>Aspergillus</i> sp. (Bio GGP 3)	39
9. Gejala Infeksi <i>Phytophthora</i> sp. Pada Tanaman Pakcoy	41
10. Morfologi Tanaman Pakcoy Hasil Aplikasi ACT Serat Bromelain Yang Diinduksi <i>Aspergillus</i> sp. (Bio GGP 3)	43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan serat tinggi. Pada umumnya nanas memiliki bagian-bagian yang bersifat buangan, seperti kulit luar dan bonggol. Limbah nanas juga mengandung enzim bromelain yang mampu memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana (Putri dkk., 2016). Menurut Pardo *et al.* (2014) kandungan yang terdapat pada bonggol nanas diantaranya selulosa (24,53 %), hemiselulosa (28,53 %), dan lignin (5,78 %), serta kandungan yang terdapat pada kulit nanas mengandung serat kasar (20,87 %), serat basah (1,66 %), karbohidrat (17,53 %), dan gula pereduksi (13,65 %). Kandungan senyawa organik tersebut merupakan polimer yang sulit diurai sehingga dibutuhkan induser berupa inokulum yang dapat mempercepat penguraian senyawa-senyawa yang terkandung di dalam nanas.

Inokulum merupakan mikroorganisme yang diinokulasikan ke dalam medium fermentasi. Inokulum berperan penting dalam mendegradasi bahan organik dengan memanfaatkan senyawa organik seperti selulosa dan lignin (Irawan *and* Yulianty, 2006). Salah satu mikroorganisme yang mampu merombak selulosa adalah fungi *Aspergillus* sp. Enzim selulase yang dihasilkan *Aspergillus* sp. mampu menguraikan bahan organik di alam menjadi senyawa-senyawa monomer sederhana, sehingga dapat menghadirkan dekomposer kosmopolit lain yang dapat membantu mengurai senyawa polimer kompleks lainnya.

Berdasarkan penelitian Hamdani (2015), *Aspergillus* sp. termasuk genus fungi yang memiliki kemampuan selulolitik dalam mempercepat proses pengomposan sehingga menghasilkan kompos dengan kualitas tinggi. Hasil penelitian Wulandari (2012) menyebutkan bahwa fungi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. yang diaplikasikan pada pembuatan kompos mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi hijau. Disisi lain, fungi *Aspergillus* sp. diketahui menghasilkan senyawa aspergillin dan memproduksi zat yang dapat menghambat perkembangan jamur patogen (Venkatasubbaiah and Sfeeuulla, 1984). *Aspergillus* sp. juga banyak dilaporkan dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman, seperti *Fusarium* sp. dan *Macrophomia phaseolina* (Dolar, 2001). Kompos yang diberi inokulum *Aspergillus* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan akar, batang, dan daun. Peran selulase pada pengomposan berkaitan dengan ketersediaan hormon tumbuh sebagai penjamin mekanisme simbiosis alami antara mikroba dan tumbuhan (Prescot *et al.*, 2002). Salah satu tanaman yang membutuhkan kompos yang telah diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. adalah tanaman pakcoy.

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan komoditas sayuran yang digemari banyak orang karena memiliki kandungan mineral dan nilai ekonomis yang tinggi, seperti vitamin A, E, dan K yang baik untuk kesehatan (Kumar *et al.*, 2008). Tanaman pakcoy sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai komoditi usaha tani karena selain mudah dibudidayakan, pangsa pasarnya juga cukup tinggi. Akan tetapi tingkat produktivitas budidaya tanaman pakcoy masih terkendala, yaitu rentan terserang penyakit busuk daun yang ditandai dengan adanya bercak basah cokelat kehitaman pada daun yang terserang jamur *Phytophthora* sp. Hasil penelitian Hammoudi *et al.* (2012) menunjukkan bahwa jamur patogen *P. lingam* pada tanaman *Brassicaceae* dapat menyebabkan benih berkerut dan menurun ukurannya serta menyebabkan busuk benih, sehingga mengakibatkan kehilangan hasil hingga 95%.

Phytophthora sp. merupakan salah satu jenis cendawan patogen yang menyerang seluruh bagian tanaman baik daun, batang, umbi, dan akar. Jamur ini mudah menyebar dalam jaringan tanaman yang terinfeksi, tanah yang terkontaminasi, serta mudah terbawa air hujan atau irigasi. Hingga saat ini, *Phytophthora* sp. masih menjadi penyakit utama yang sering menggagalkan panen terutama pada musim hujan (Soesanto, 2008). Oleh karenanya, diperlukan sebuah teknologi pengomposan yang mampu menekan perkembangan jamur patogen *Phytophthora* sp., penyebab penyakit busuk daun yang sering terjadi pada tanaman pakcoy.

Produk pengembangan teknologi pengomposan yang berkembang pesat adalah *compost tea*, yakni teh ekstrak kompos matang (*mature compost*). Teh kompos yang selama pembuatannya disuplai dengan oksigen melalui pengadukan disebut *Aerated Compost Tea* (ACT). Tujuan utama pengadukan yaitu untuk melarutkan unsur hara dan mikroba dari kompos padat ke dalam air, disamping menyediakan oksigen yang memadai bagi mikroorganisme (Ingham, 2005).

Compost tea diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam merah sebesar 237,3 % (Bria, 2016). Hasil panen stroberi di Kanada meningkat 1,7 ton per hektar dengan aplikasi *compost tea* yang diproduksi secara aerobik (Welke, 2008). Radin and Warman (2010) juga melaporkan bahwa pemberian *compost tea* memberikan efek nyata pada pertumbuhan kecambah kubis. Selain dapat meningkatkan pertumbuhan, *compost tea* juga diketahui dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit melalui mekanisme mikrobiostatik dalam menghambat pertumbuhan patogen (St. Martin, 2015). Zhang *et al.* (1998) melaporkan bahwa *compost tea* mampu menginduksi ketahanan tanaman mentimun terhadap jamur patogen *C. orbiculairea*. Sang dan Kim (2011) juga melaporkan bahwa *compost tea* dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap antraknosa, yaitu penyakit yang disebabkan oleh jamur yang menyebabkan pembusukan buah sebelum dan sesudah panen.

Hasil penelitian Khoirunisa (2020) menunjukkan pemberian *compost tea* aerasi yang diinduksi inokulum fungi lignoselulolitik meningkatkan tanaman kailan (*Brassica oleracea* L.) secara nyata lebih tinggi 28,98 cm sedangkan hasil penelitian Septitasari (2020) menunjukkan bahwa perlakuan *compost tea*, media tanam, maupun interaksi diantara keduanya mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam merah. Isroi (2008) menyebutkan aerasi pada saat pembuatan *compost tea* berfungsi untuk memberikan sirkulasi udara dalam media sehingga oksigen tersedia bagi mikroorganisme dan senyawa monomer sederhana yang tersedia dapat diserap tanaman lebih banyak. Selain itu, Istifadah dkk. (2020) yang mengembangkan *compost tea* dengan menambahkan mikroba antagonis diketahui dapat menekan penyakit tular tanah pada tanaman tomat sebesar 90,6 %. Lebih lanjut, Mansour dan El-Sayed (2011) menyatakan bahwa aplikasi *compost tea* yang diinduksi fungi sangat baik dalam mengendalikan penyakit busuk akar pada tanaman kacang-kacangan.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini dilakukan kajian aplikasi *Aerated Compost Tea* (ACT) serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penekanan pertumbuhan *Phytophthora* sp. dan pertumbuhan tanaman pakcoy.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui kualitas kimia (C, N, P, K, dan rasio C/N) dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3).
2. Mengetahui pengaruh pemberian ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penghambatan pertumbuhan *Phytophthora* sp. secara *in vitro*.

3. Mengetahui pengaruh pemberian ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy yang diinfeksi *Phytophthora* sp.

1.3 Kerangka Pikir

Bahan organik penyusun limbah nanas yang sulit terurai menyulitkan proses dekomposisi. Oleh karenanya untuk mempercepat dekomposisi limbah nanas diperlukan induser, antara lain inokulum fungi selulolitik yang mampu mendegradasi selulosa serat nanas. Salah satu fungi pendegradasi selulosa adalah *Aspergillus* sp. Enzim selulase yang diekskresikan *Aspergillus* sp. mampu menguraikan bahan organik di lingkungan menjadi senyawa-senyawa monomer sederhana. Adanya proses penguraian selulosa menjadi monomer sederhana memacu hadirnya dekomposer kosmopolit lain yang dapat membantu mendegradasi senyawa polimer kompleks lainnya.

Salah satu bentuk pemanfaatan kompos pada tanaman adalah dalam bentuk *compost tea*, yaitu ekstrak air kompos yang matang. Selain meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah secara langsung, *compost tea* juga berfungsi sebagai biokontrol hama dan penyakit tanaman. Di dalam tanah, *compost tea* dapat menambah substansi humus, hormon tumbuh, dan senyawa-senyawa organik lainnya. Selain itu, *compost tea* juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit. *Compost tea* serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. diharapkan mampu menjadi nutrisi penting di dalam tanah sehingga ketersediaan unsur hara dapat terpenuhi serta produksi tanaman budidaya menjadi meningkat.

Pakcoy (*Brassica rapa* L.) digunakan sebagai tanaman uji dalam penelitian ini. Permintaan pasar terhadap pakcoy terus meningkat dari tahun ke tahun, akan tetapi peningkatan permintaan pasar sampai saat ini belum dapat diimbangi dengan tingkat

produktivitasnya. Budidaya pakcoy di tanah air masih mengalami kendala, antara lain rentan terhadap serangan penyakit busuk daun yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora* sp. yang menyebabkan gagal panen terutama pada musim hujan. Pada penelitian ini, akan dikaji pengaruh pemanfaatan *Aerated Compost Tea* dari serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. terhadap penyakit busuk daun yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora* sp. pada tanaman pakcoy dan pertumbuhan pakcoy.

1.4 Hipotesis

1. Kualitas kimia (C, N, P, K, dan Rasio C/N) dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) tertinggi ditunjukkan pada rasio kompos : akuades (100 gram kompos serat bromelain : 300 mL air).
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dapat menghambat pertumbuhan *Phytophthora* sp. secara *in vitro*.
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pakcoy yang diinfeksi *Phytophthora* sp.

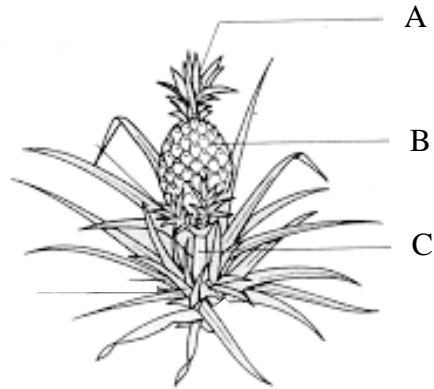
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Nanas merupakan komoditas andalan dalam komoditi buah tropik serta menempati urutan kedua terbesar setelah pisang. Dalam tata nama atau sistematik tumbuhan, tanaman nanas dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Bangsa	: Bromeliales
Suku	: Bromeliaceae
Marga	: <i>Ananas</i>
Jenis	: <i>Ananas comosus</i> (L.) Merr. (Cronquist, 1981).

Nanas digolongkan dalam tanaman herba yang hidup pada berbagai musim. Nanas tumbuh menyebar dengan tunas samping yang tumbuh dari cabang- cabang vegetatif (Sari, 2002). Bagian tanaman nanas meliputi akar, batang, daun, bunga, mahkota, dan buah. Nanas memiliki akar serabut dengan kedalaman tidak lebih dari 50 cm. Daun tanaman nanas berbentuk memanjang dengan panjang daun mencapai 130-150 cm. Umumnya daun tua lebih pendek dari daun muda yang berada di atasnya. Bunga nanas merupakan bunga majemuk, terletak di ujung batang, bersifat hermaprodit, mempunyai tiga kelopak, tiga mahkota, enam benang sari, dan kepala putik yang bercabang tiga. Sedangkan buah nanas berbentuk bulat panjang dan berwarna hijau. Jika masak, warnanya menjadi kuning dan rasanya asam sampai manis. Buah nanas dapat dipanen sekitar 5-6 bulan setelah berbunga (Dalimartha, 2001).



Gambar 1. Bagian-Bagian Tanaman Nanas (A) Mahkota; (B) Buah; (C) Daun (Dalimartha, 2001)

Indonesia merupakan produsen nanas terbesar kelima setelah Brazil, Thailand, Filipina, dan Cina. Buah nanas memiliki bagian-bagian yang bersifat buangan seperti daun, kulit luar, dan bonggol (Tahir dkk., 2008). Dengan demikian, semakin meningkat produksi nanas maka limbah yang dihasilkan juga semakin banyak. Limbah nanas mengandung serat yang cukup tinggi sebesar 57,3%. Selain itu, limbah nanas juga mengandung senyawa-senyawa penting seperti : potassium, vitamin, fosfor, zat besi, karbohidrat, dan bromelain (Wahyuni, 2005).

Limbah kulit nanas merupakan sumber bahan organik berkadar serat tinggi yang terdiri dari selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Setiyarto, 2011). Hasil penelitian Hidayat (2008) membuktikan bahwa kandungan senyawa kimia daun nanas meliputi selulosa (71,5%), lignin (4,7%), pektin (1,2%), serta pentosa (17,8%). Selain itu, kulit nanas juga mengandung senyawa aktif berupa alkaloid (Murni dkk., 2008).

2.2 Fungi

Fungi merupakan organisme eukaryotik (Margulis *and* Schwartz, 1982). Sebagian besar tubuh fungi tersusun atas hifa. Hifa yang bercabang-cabang disebut miselium. Hifa terdiri dari dua jenis, yaitu hifa bersekat (sapta) dan tidak bersekat (*coenocytic*).

Miselium dapat dibedakan atas miselium vegetatif yang berfungsi menyerap unsur hara dari lingkungan dan miselium fertil yang berfungsi untuk reproduksi. Dinding sel fungi tersusun atas khitin, kitosan, glukukan, dan manan. Adanya khitin pada dinding sel berfungsi untuk melindungi fungi dari kerusakan fisik dan kimia akibat perubahan pH dan kelembaban (Griffin, 1994).

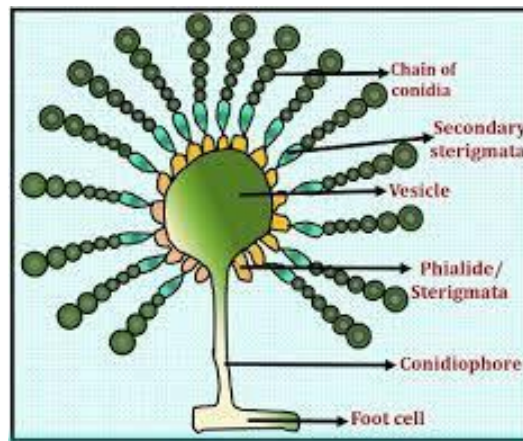
Fungi merupakan pengurai utama bahan organik di lingkungan seperti selulosa dan lignin (Irawan *and* Yulianty, 2006). Fungi menggunakan ujung-ujung hifa yang menjulur untuk menyerap langsung senyawa organik hasil degradasi yang ada di lingkungannya (Campbell dkk., 2003). Fungi menyerap nutrisi dari bahan organik menggunakan enzim hidrolitik yang disekresikan di luar tubuhnya. Hasil penguraian bahan organik tersebut diserap untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Pada proses pengomposan, fungi berperan dalam memperoleh nutrisi dari organisme mati dengan merombak bahan organik kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah diserap oleh tanaman (Irawan dan Wigianti, 2004).

2.2.1 *Aspergillus* sp.

Aspergillus sp. merupakan genus fungi yang mampu menghasilkan enzim selulase yang berperan sebagai pengurai polimer karbohidrat dalam media. *Aspergillus* sp. mudah menyebar luas karena memiliki spora jamur yang ringan hingga mudah disebarkan oleh angin. Menurut Alexopoulos *et al.* (1996) klasifikasi dari *Aspergillus* sp. sebagai berikut.

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Ascomycetes
Bangsa	: Eurotiales
Suku	: Trichocomaceae
Marga	: <i>Aspergillus</i>
Jenis	: <i>Aspergillus</i> sp.

Secara mikroskopis *Aspergillus* sp. dicirikan sebagai hifa bersepta dan bercabang. *Aspergillus* sp. memiliki sel kaki yang tidak begitu jelas terlihat. Konidiofora fungi ini muncul dari *foot cell*, yaitu miselium yang berdinding tebal dan membentuk sterigmata tempat tumbuhnya konidia. Konidia *Aspergillus* sp. memiliki ukuran diameter 1,5-2,4 μm , berdinding halus, berbentuk panjang hingga elips dan striate. Spora *Aspergillus* sp. berukuran kecil, ringan, dan tahan terhadap keadaan kering (Balajee, 2009). Bentuk morfologi *Aspergillus* sp. dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bentuk morfologi *Aspergillus* sp.
(Putra dkk., 2020)

2.2.2 *Phytophthora* sp.

Cendawan patogen yang mampu menginfeksi seluruh bagian tanaman adalah *Phytophthora* sp. sehingga menjadi penyakit utama yang sering menggagalkan panen. Cendawan ini muncul saat kondisi lembab, suhu dingin, dan tingkat kelembaban udara tinggi. Daun yang terserang *Phytophthora* sp. menunjukkan gejala berbercak kecil kebasah-basahan berwarna hijau kelabu yang kemudian berubah menjadi cokelat kehitaman. Bercak meluas ke seluruh daun sehingga daun terlihat membusuk dan kering. Daun yang kering tetap menggantung pada tanaman dan serangan akan meluas sampai ke batang atau cabang (Cholil dan Latief, 1991).

Tanaman yang diinfeksi *Phytophthora* sp. juga menunjukkan kematian akar-akar kecil (muda) dan nekrotik berupa lesio berwarna coklat pada akar-akar yang tua (besar). *Phytophthora* sp. menyebar dari jaringan tanaman yang terinfeksi dan tanah yang terkontaminasi serta melalui aliran hujan atau irigasi (Sunarjono, 2003).

2.2.3 Inokulum

Inokulum merupakan kultur mikroba yang diinokulasikan pada medium fermentasi (Suriawiria, 2005). Inokulum dibuat dengan menumbuhkan mikroorganisme target pada media yang cocok serta disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik mikroba. Teknik inokulasi bertujuan untuk menumbuhkan mikroorganisme pada media, agar setiap sel nya berhimpun membentuk koloni. Inokulum yang sering digunakan dalam proses pengomposan adalah fungi (Sentana dkk., 2010). Inokulum mempengaruhi proses pengomposan melalui 2 cara yakni, (1) menghancurkan bahan organik, (2) meningkatkan kadar nitrogen yang menjadi makanan tambahan bagi mikroorganisme (Gaur, 1983).

Berdasarkan penelitian Yasyifun (2008), pemberian kompos yang diberi inokulum atau aktivator dapat meningkatkan tinggi, bobot kering tajuk, dan bobot biji pada tanaman jagung. Inokulum sebagai pengurai yang ditumbuhkan berfungsi untuk menghasilkan proses fermentasi yang optimal dan mempercepat dekomposisi (Salim, 2015). Kriteria inokulum yang baik untuk ditambahkan pada kompos adalah sebagai berikut.

- a. Sehat dan dalam keadaan aktif sehingga dapat mempersingkat fase adaptasi
- b. Tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga dapat menghasilkan inokulum dalam takaran yang optimum
- c. Bebas dari kontaminasi
- d. Dapat mempertahankan kemampuannya membentuk produk
(Stanburry *and* Whittaker, 1984).

2.3 Kompos

Kompos dihasilkan dari proses pengomposan dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi dengan hasil akhir berupa humus. Kompos hasil degradasi organisme dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mempercepat pertumbuhan tanaman (Straatsma *and* Samsons, 1993). Beberapa kegunaan kompos yakni : (1) memperbaiki struktur tanah, (2) memperkuat daya ikat agregat (zat hara) tanah, (3) meningkatkan daya tahan dan daya serap air, (4) memperbaiki drainase dan pori-pori dalam tanah, (5) menambah dan mengaktifkan unsur hara (Susetya, 2016).

Tingkat kandungan hara kompos sangat ditentukan oleh bahan dasar, cara pengomposan, dan cara penyimpanan (Musnamar, 2007). Bahan kompos berasal dari campuran bahan organik mentah, mineral, air, dan mikroba (Mulyatun, 2016). Pada proses pengomposan, inokulum fungi berperan penting dalam memperoleh nutrisi dari organisme mati dengan merombak bahan organik kompleks menjadi senyawa-senyawa sederhana yang mudah diserap tanaman (Irawan dan Wigianti, 2004).

Berdasarkan penelitian Kazerooni *et al.* (2021), pemberian kompos yang diinduksi fungi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai yang dapat diukur dari tinggi tanaman, panjang buah, jumlah daun, dan hasil cabai merah. Menurut Salim (2015) kualitas kompos dapat diketahui dengan menganalisis nilai C/N, kandungan unsur hara, kadar abu, dan senyawa asam humat. Semakin optimal proses pengomposan, maka kualitas kompos akan lebih baik. Kompos dengan kualitas baik memiliki nilai C/N rendah dan kandungan unsur hara, kadar abu, serta senyawa humat yang tinggi. Parameter lingkungan yang diamati pada sifat fisik kompos antara lain suhu, warna, penyusutan volume kompos (PVK), dan kadar air (KA) pada akhir proses pengomposan, sedangkan pada sifat kimia kompos yang penting diperhatikan adalah pH.

2.3.1 Dekomposisi

Di antara organisme pengurai, fungi berperan penting dalam proses dekomposisi. Fungi merupakan pengurai utama bahan organik di lingkungan alami yang memanfaatkan senyawa organik seperti selulosa dan lignin sebagai nutrisinya (Irawan and Yulianty, 2006). Sebagai dekomposer, fungi dapat mempercepat proses pengomposan. Jika pengomposan secara alami akan membutuhkan waktu 2-3 bulan, proses pengomposan dengan menggunakan fungi sebagai dekomposer hanya membutuhkan waktu 14-21 hari (Marianah, 2013). Salah satu fungi yang dapat digunakan dalam proses pengomposan adalah *Aspergillus* sp. (Irawan *et al.*, 2014).

Fungi memerlukan nutrisi C, N, dan asam amino. Sebagian besar senyawa tersebut tersedia di alam dalam bentuk kompleks seperti selulosa dan lignin yang harus diuraikan terlebih dahulu menjadi senyawa yang lebih sederhana untuk diserap. Proses penguraian senyawa tersebut membantu dekomposisi bahan organik di alam (Niati, 2017). Laju dekomposisi dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti pH, temperatur, kelembaban, komposisi kimia, dan mikroorganisme tanah (Saetre, 1998). Secara umum, laju dekomposisi lebih lambat pada kondisi pH rendah dibandingkan kondisi pH netral. Kompos yang mempunyai C/N rasio tinggi lebih sulit terdekomposisi dibandingkan kompos yang mempunyai C/N rasio rendah (Murayama and Zahari, 1992). Kompos dengan jumlah mikroorganisme lebih banyak cenderung lebih cepat terurai dibandingkan kompos yang mempunyai jumlah mikroorganisme sedikit (Saetre, 1998).

2.3.2 Compost Tea

Compost tea (CT) merupakan cairan ekstrak kompos yang telah matang, kemudian diproses menjadi cairan (teh) kompos dengan cara memberi air dan nutrisi untuk pertumbuhan mikroba dan diaerasi selama waktu tertentu (Nasir, 2007). *Compost tea* mempunyai beberapa manfaat seperti memberikan kesuburan tanah, membantu

pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit (Ingham, 2005). Hasil penelitian Hendawy (2008) menunjukkan bahwa *compost tea* mampu menekan perkembangan penyakit hawar daun (*Pantoea* sp.) serta meningkatkan tinggi tanaman. Kualitas *compost tea* ditentukan oleh kualitas kompos sebagai bahan baku, metode ekstraksi dan pengadukan, rasio kompos : air, aerasi, waktu pengadukan, penyaringan dan pengenceran, material yang ditambahkan, sumber air yang digunakan untuk ekstrak, serta suhu dan faktor abiotik lainnya (Ingham, 2005).

Pada awal perkembangannya, *compost tea* dibuat dengan cara sederhana yaitu merendam kantong berisi kompos dalam sejumlah air selama beberapa hari (Hoitink *et al.*, 1997). Cara demikian disebut metode pasif atau *Non-aerated Compost Tea* (NCT) yang telah diterapkan berabad-abad lamanya (Diver, 2002). Sekarang *compost tea* dapat dibuat dalam skala besar dengan waktu relatif singkat (Dearborn, 2011). Proses pembuatannya dilakukan secara aerobik yang diperkaya sumber nutrisi dan kultur mikroba agar nilai hara menjadi lebih tinggi. Metode tersebut dinamakan *Aerated Compost Tea* (ACT) (Radovich *et al.*, 2011).

Metode ACT lebih populer dibandingkan NCT, baik sebagai pupuk alternatif, sumber inokulum mikroba, pestisida, maupun fungisida. Keuntungan penggunaan ACT adalah lebih kuat dalam meningkatkan kesuburan tanah dan tanaman serta lebih baik dalam menekan perkembangan patogen penyebab penyakit tanaman (Pant *et al.*, 2011).

Secara garis besar terdapat 3 metode aplikasi teh kompos, yakni penyemprotan pada daun atau permukaan tanaman (*foliar application*), penyiraman pada akar tanaman di dalam tanah (*soil drenching*), dan kombinasi antara kedua metode tersebut. Selain itu, terdapat metode lain seperti pemberian bersama air irigasi (*fertigation*) dan perendaman benih ke dalam larutan teh sebelum ditanam. Keunggulan metode penyemprotan pada daun atau permukaan tanaman yakni : (1) unsur hara tanaman

atau hormon tumbuh lebih mudah diserap lewat stomata daun, sehingga luas permukaan daun menjadi permukaan serapan dan unsur hara cepat sampai ke tempat dimana dibutuhkan, (2) mikroba berada di permukaan daun sehingga menekan serangan patogen, serta (3) frekuensi dan volume *compost tea* dapat disesuaikan dengan kondisi/kebutuhan tanaman. Adapun keunggulan dari metode penyiraman ke akar tanaman di dalam tanah/media tanam yakni : (1) meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba tanah, (2) meningkatkan konsentrasi hara terlarut di dalam tanah, (3) meningkatkan pertumbuhan akar, (4) memperbaiki struktur tanah, (5) menekan patogen tanah, (6) meningkatkan interaksi antara tanaman dan mikroba tanah. Sedangkan kombinasi metode *folior application* dan *soil drenching* merupakan metode yang lebih efektif karena bagian atas tanaman dan akar serta tanah mendapatkan unsur hara dan mikroba pada waktu bersamaan, sehingga efektivitas *compost tea* lebih meningkat (Berek, 2017).

2.4 Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Pakcoy merupakan varietas tanaman sawi yang bermanfaat sebagai sayuran. Tanaman pakcoy telah dikembangkan secara luas di Filipina, Malaysia, Thailand, dan Indonesia (Yogiandre, 2011). Menurut sistem Cronquist (1981) tanaman pakcoy mempunyai klasifikasi sebagai berikut.

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Bangsa : Brassicales
 Suku : Brassicaceae
 Marga : *Brassica*
 Jenis : *Brassica rapa* L.

Pakcoy merupakan sayuran yang diminati masyarakat karena mengandung zat-zat gizi yang cukup lengkap seperti protein, lemak, karbohidrat, Ca, P, Fe, vitamin A, B, C, E dan K yang sangat baik untuk kesehatan (Haryanto dkk., 2007). Pakcoy berperan baik untuk mencegah penuaan dini, menangkal hipertensi, penyakit jantung, dan mengurangi resiko berbagai jenis kanker (Pracaya dan Kartika, 2016). Di Indonesia, kebutuhan pasar sayuran terutama tanaman pakcoy dari tahun ke tahun meningkat. Hal ini tercermin dari angka produksi pakcoy berturut-turut pada tahun 2015-2017 mengalami fluktuasi secara berturut-turut, 565.636 ton (2015), 562.838 ton (2016), dan 583.770 ton (2017) (Direktorat Jendral Hortikultura, 2017).



Gambar 3. Bagian-Bagian Tanaman Pakcoy (A) Daun; (B) Tangkai Daun; (C) Batang (Setyaningrum dan Saparinto, 2011)

Pakcoy memiliki sistem perakaran tunggang dengan cabang akar berbentuk bulat panjang yang menyebar ke semua arah pada kedalaman antara 30-50 cm (Setyaningrum dan Saparinto, 2011). Tanaman ini memiliki batang yang sangat pendek dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang pakcoy berfungsi sebagai pembentuk dan penopang daun. Pakcoy memiliki daun yang halus, tidak berbulu, dan tidak membentuk krop. Tangkai daunnya lebar dan kokoh. Tulang daun dan daunnya mirip dengan sawi hijau, namun daunnya lebih tebal dibandingkan dengan sawi hijau. Secara lengkap bagian-bagian tanaman pakcoy ditampilkan pada **Gambar 3.**

Pakcoy kurang peka terhadap suhu dibandingkan sawi putih, sehingga tanaman ini memiliki daya adaptasi lebih luas (Haryanto dkk., 2007). Tanaman pakcoy dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas maupun dingin, serta dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Tanaman pakcoy juga resisten terhadap air hujan, sehingga dapat di tanam sepanjang tahun. Akan tetapi tanaman ini tidak senang pada air yang menggenang. Dengan demikian, tanaman pakcoy cocok bila ditanam pada akhir musim penghujan. Pada saat musim kemarau, yang perlu diperhatikan adalah penyiraman secara teratur. Pakcoy dapat ditanam dengan kerapatan tinggi yaitu sekitar 20-25 tanaman/meter². Pakcoy memiliki umur pasca panen singkat, tetapi kualitas produk dapat dipertahankan selama 10 hari yakni pada suhu kamar 25-27⁰C (Yogiandre, 2011).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2022 di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Analisis kompos dilakukan di PT. Great Giant Pineapple (PT. GGP) Terbanggi Besar Lampung Tengah dan aplikasi kompos dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, pipet volumetri, *beaker glass*, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, jarum ose, botol kaca transparan berbentuk pipih, *oven*, *autoclave*, *laminar air flow*, *hot plate stirrer*, bunsen, mikroskop, pipet tetes, *haemocytometer*, timbangan analitik, sumbat, corong plastik, keranjang sampah, dan blender.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat fungi *Aspergillus* sp. (bio ggp 3) (koleksi pribadi Dr. Bambang Irawan M. Sc.), *Phytophthora* sp., tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.), PDA (*Potato Dextrose Agar*), kapas, kasa, tali kasur, serat nanas, aluminium foil, akuadest, alkohol 70%, CaCO₃ 2%, CaSO₄ 4% dan *methylen blue*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan pengujian. Tahap pertama yaitu pengujian kualitas ACT serat bromelain (analisis kimia dan analisis biologi), tahap kedua, yaitu uji *in vitro* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. terhadap penekanan pertumbuhan *Phytophthora* sp. Dan tahapan ketiga yaitu uji *in vivo* ACT serat bromelain terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy yang diinfeksi *Phytophthora* sp.

Uji kualitas ACT serat bromelain dilakukan secara kimia dan biologi. Analisis kimia ACT serat bromelain dilakukan untuk menentukan kadar C,N,P, K, serta rasio C/N. Analisis biologi menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan 6 ulangan dan waktu inkubasi 24 jam untuk penghitungan populasi bakteri, serta 120 jam untuk penghitungan populasi fungi. Data hasil uji kualitas kimia dan biologi (populasi mikroba) ACT serat bromelain disajikan dalam bentuk deskriptif.

Pengujian daya hambat ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. terhadap patogen *Phytophthora* sp. secara *in vitro* dan *in vivo*. Uji *in vitro* ACT serat bromelain dilakukan menggunakan metode pengujian kompatibilitas, dengan waktu inkubasi 5 hari sebanyak 6 ulangan. Data hasil uji *in vitro* ACT serat bromelain disajikan dalam bentuk deskriptif.

Uji *in vivo* ACT serat bromelain dilakukan sebanyak 6 ulangan, dengan parameter pengamatan yaitu intensitas kejadian penyakit, morfologi tanaman, dan fisiologi tanaman. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf nyata 5%.

Uji *in vitro* dan *in vivo* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy yang diinfeksi jamur patogen

Phytophthora sp. dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor dengan perlakuan ACT sebagai berikut:

P0: Kontrol (air)

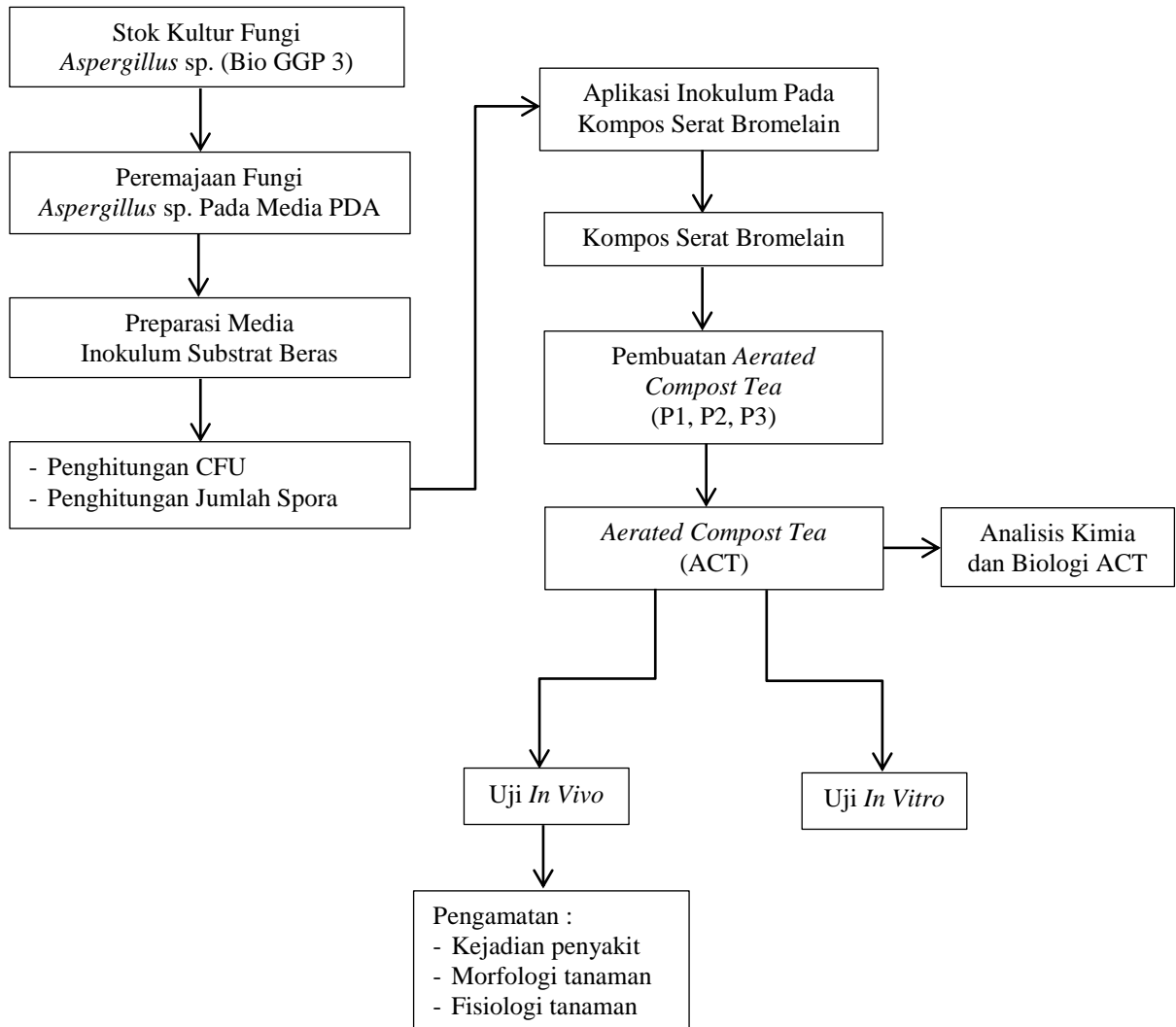
P1: 100 gram kompos serat bromelain : 300 mL air

P2: 100 gram kompos serat bromelain : 400 mL air

P3: 100 gram kompos serat bromelain : 500 mL air

3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan diuraikan sebagai berikut.

3.5.1 Peremajaan Fungi

3.5.1.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Media PDA digunakan untuk peremajaan fungi *Aspergillus* sp. Pembuatan media PDA pada penelitian ini menggunakan modifikasi metode Malloch *and* Hobbie (1981). Sebanyak 200 gram kentang yang sudah dibersihkan dipotong kecil-kecil dan dicampurkan ke dalam 1000 ml akuades. Kemudian direbus menggunakan *hot plate* selama 20-30 menit. Rebusan kentang disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan air sari kentang, kemudian ditambahkan 18 gram *dextrose* dan 13,5 gram agar-agar. Selanjutnya dihomogenkan menggunakan *hot plate* selama 20-30 menit dan disterilisasi dalam *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media PDA steril dituang ke dalam cawan petri sebanyak 15-20 ml dan didinginkan hingga memadat.

3.5.1.2 Peremajaan *Aspergillus* sp.

Peremajaan fungi *Aspergillus* sp. dilakukan menggunakan media PDA dalam cawan petri steril. Satu ose biakan fungi *Aspergillus* sp. secara aseptik diinokulasi ke dalam cawan petri yang sudah berisi media PDA. Fungi *Aspergillus* sp. diinkubasi selama 5-7 hari hingga tumbuh spora.

3.5.1.3 Peremajaan *Phytophthora* sp.

Peremajaan fungi *Phytophthora* sp. dilakukan menggunakan media PDA dalam cawan petri steril. Satu ose biakan fungi *Phytophthora* sp. secara aseptik diinokulasikan ke dalam cawan petri yang sudah berisi media PDA. Fungi *Phytophthora* sp. diinkubasi selama 5-7 hari hingga tumbuh spora.

3.5.2 Preparasi Media Inokulum

Pembuatan media inokulum dilakukan dengan modifikasi metode Gaind *et al.* (2009) yaitu dengan menggunakan beras. Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan media inokulum ini adalah beras yang telah diblender kasar, larutan CaSO₄ 4% (w/v), larutan CaCO₃ 2% (w/v). Penggunaan larutan CaSO₄ 4% (w/v) dan larutan CaCO₃ 2% (w/v) bertujuan untuk mempertahankan kelembaban media inokulum. Sebanyak 40 gram CaSO₄ dan 20 gram CaCO₃, masing-masing dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades, kemudian kedua larutan tersebut dicampurkan dengan perbandingan 1 : 1 (v/v).

Selanjutnya dilakukan pembuatan media inokulum dengan menambahkan 60 gram beras yang diblender kasar ke dalam 15 ml campuran larutan CaSO₄ dan CaCO₃ dalam botol. Media disterilisasi dalam *autoclave* dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah media dingin, diinokulasi dengan isolat *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dan diinkubasi selama 14 hari.

3.5.3 Penghitungan Jumlah Spora dan *Colony Forming Unit* (CFU)

Penghitungan jumlah spora dan CFU dilakukan dengan menggunakan modifikasi metode Prescott (2002). Inokulum fungi *Aspergillus* sp. yang telah berumur 14 hari dihitung jumlah spora dan CFU. Perhitungan jumlah spora dilakukan dengan menimbang 1 gram inokulum, lalu dimasukkan ke dalam 9 ml akuades steril untuk

memperoleh dilusi 10^{-1} . Suspensi kemudian dihomogenkan dengan cara di vortex agar diperoleh sebaran spora yang merata (Malloch *and* Hobbie, 1981). Satu ml suspensi diambil dan dipindahkan ke tabung reaksi kedua yang berisi 9 ml akuades steril sehingga dihasilkan dilusi 10^{-2} . Dari dilusi 10^{-2} diambil 1-3 tetes menggunakan pipet tetes dan diletakan di atas *haemocytometer*, kemudian ditutup dengan gelas penutup (Prescut, 2002). *Haemocytometer* diletakkan di atas meja objek mikroskop, kemudian dilakukan pengaturan perbesaran lensa objektif hingga diperoleh perbesaran objek yang sesuai, sehingga jumlah spora dapat dihitung. Jumlah spora dinyatakan dalam spora/ml. Jumlah spora dihitung menggunakan rumus Gabriel dan Riyanto (1989) :

$$S = \frac{t.d}{n.0,25} \times 10^6$$

Keterangan :

- S = Jumlah spora
- t = Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
- d = Tingkat pengenceran
- n = Jumlah kotak sampel (5 kotak besar)
- 0,25 = Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *Haemocytometer*

Viabilitas spora dari inokulum fungi ditentukan melalui perhitungan CFU.

Perhitungan CFU dilakukan dengan cara mengambil 1 gram inokulum fungi kemudian diencerkan hingga 10^{-7} . Selanjutnya di *plating* dengan cara diambil 1 ml dari dilusi untuk membuat biakan 10^{-7} . Sebanyak 1 ml dilusi 10^{-7} dimasukkan dalam dua cawan petri terpisah (duplo) dengan metode *spread plate* pada media PDA dan diinkubasi selama \pm 5 hari. CFU dihitung sebagai gambaran tingkat viabilitas spora. Perhitungan jumlah koloni digunakan rumus sebagai berikut (Prescut, 2002).

$$\text{Jumlah Koloni per Gram Bahan} = \frac{\text{Jumlah Koloni}}{\text{Faktor Pengenceran}} \times \text{CFU}$$

3.5.4 Aplikasi Inokulum *Aspergillus* sp. pada Pengomposan Serat Bromelain

Pengomposan serat bromelain dilakukan menggunakan modifikasi metode Kumar *et al.* (2008) dan Takakura *Home Metode* (Ying *et al.*, 2012). Inokulum *Aspergillus* sp. yang digunakan untuk menginduksi kompos serat bromelain adalah inokulum yang berumur 14 hari. Bahan untuk pembuatan kompos yaitu serat bromelain yang diperoleh dari PT. Great Giant Pineapple yang dicacah dan dikering anginkan. Sebagai bahan campuran kompos, digunakan kotoran sapi kering, kemudian campuran tersebut ditambahkan inokulum sebanyak 1% dari berat serat bromelain. Induksi inokulum *Aspergillus* sp. pada proses pengomposan ini diharapkan mampu mempercepat dekomposisi serat bromelain dan meningkatkan kualitas kompos.

Proses pengomposan diawali dengan menyiapkan keranjang pengomposan berkapasitas 5 kg dengan lubang-lubang kecil beserta tutupnya dan dilapisi kardus bekas guna menjaga kondisi kelembaban pada saat pengomposan. Selanjutnya disiapkan campuran bahan pengomposan menggunakan metode Irawan *et al.* (2014) dengan menggunakan perbandingan 2:1 (serat bromelain : kotoran sapi), yaitu seberat 2 kg serat bromelain, 1 kg kotoran sapi dan 30 gr inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dimasukkan ke dalam keranjang pengomposan, kemudian ditambahkan air sampai kadar kelembaban campuran bahan kompos mencapai 60%. Aerasi udara dilakukan dengan membalik bahan kompos setiap 1 minggu sekali (Ying *et al.*, 2012). Pengadukan bertujuan untuk menurunkan temperatur kompos sehingga fungi dapat bekerja secara optimal. Inkubasi pengomposan dilakukan selama 6 minggu. Kompos telah matang jika kompos telah berwarna coklat kehitaman dan suhu sama dengan suhu kamar. Kompos yang telah matang diayak menggunakan saringan 2 μ m (Irawan *et al.*, 2014).

3.5.5 Pembuatan *Aerated Compost Tea* (ACT) Serat Bromelain

Pembuatan ACT dilakukan dengan modifikasi metode Marin *et al.* (2013) dengan rasio perbandingan kompos serat bromelain : aquadest yaitu 1:3, 1:4, dan 1:5 (w/v). Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 6 ulangan. Campuran kompos serat bromelain dan aquadest diaerasi dengan aerator selama 48 jam (Islam *et al.*, 2016). Rasio perbandingan perlakuan ACT disajikan pada **Gambar 5**.

P0U6	P0U2	P1U6	P3U2	P0U5	P2U4
P1U1	P3U5	P3U6	P2U1	P1U5	P2U3
P2U5	P2U2	P1U6	P0U1	P1U4	P0U3
P3U3	P0U4	P3U1	P3U4	P1U2	P1U3

Gambar 5. Tata Letak Perlakuan ACT Serat Bromelain

Keterangan :

- P0 : Kontrol (air)
 P1 : 100 gr kompos serat bromelain + 300 ml air
 P2 : 100 gr kompos serat bromelain + 400 ml air
 P3 : 100 gr kompos serat bromelain + 500 ml air
 U1 – U6 : Ulangan 1 – 6

3.5.6 Analisis Kimia *Aerated Compost Tea* (ACT)

3.5.6.1 Penentuan Kadar C

Penentuan kadar C menggunakan metode *Walky and Black* dilakukan dengan cara menambahkan sebanyak 1 ml sampel, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, ditambah 5 ml K₂Cr₂O₇ 1 N dan 7,5 ml H₂SO₄ pekat. Kemudian diaduk hingga homogen, dibiarkan 30 menit dengan sesekali dilakukan pengocokan. Selanjutnya sampel tersebut diencerkan dengan aquadest steril hingga tanda batas labu ukur. Campuran larutan tersebut dikocok hingga homogen dan dibiarkan semalam.

Selanjutnya diukur absorbansi sampel dengan Spektrofotometer VIS pada λ max = 610 nm (Sholikah, 2013).

3.5.6.2 Penentuan Kadar N

Penentuan kadar Nitrogen dilakukan dengan mengambil sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambah 25 ml H₂SO₄ pekat dan 7,5 gr garam Kjeldahl. Selanjutnya didestruksi pada suhu 300 - 350 °C selama \pm 2 jam sampai larutan menjadi jernih. Larutan hasil destruksi didinginkan dan diencerkan menggunakan aquadest dan ditambah larutan NaOH 40%. Destilat ditampung ke dalam larutan H₃BO₃ 1% yang telah ditambah dengan 4 tetes *mixed* indikator. Selanjutnya dilakukan tahap destilasi sampai didapat destilat \pm 100 ml. Destilat dititrasi menggunakan HCl 0,1 N yang telah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna menjadi merah muda. Titrasi juga dilakukan pada larutan blanko (Widyabudiningsih dkk., 2021).

3.5.6.3 Penentuan Kadar P

Satu ml sampel ACT dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml, kemudian ditambah aquadest steril hingga tanda batas, dan dikocok hingga homogen. Masing-masing sampel ditambah 9 ml deret standar P dan pereaksi pembangkit warna, kemudian dikocok hingga homogen. Selanjutnya dibiarkan 15 menit dan diukur absorbansi sampel dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 713 nm.

Penghitungan menurut Eviati dan Sulaeman (2009) sebagai berikut.

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak} / 1000 \text{ ml} \times 100 / \text{mg}$$

$$\text{contoh} \times \text{fp} \times 31 / 95 \times \text{fk}$$

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

fk = faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran

100 = faktor konversi ke %

31 = bobot atom P

95 = bobot molekul PO₄

3.5.6.4 Penentuan Kadar K

Penetapan kadar K dilakukan dengan memasukkan 1 ml sampel ke dalam labu Kjeldahl, ditambah 5 ml HNO₃ pa dan 0,5 ml HClO₄ pa, dikocok-kocok dan dibiarkan selama 1 malam. Selanjutnya dipanaskan dengan suhu 100° C. Setelah uap kuning habis, suhu dinaikkan menjadi 200° C. Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa 0,5 ml, kemudian didinginkan dan diencerkan dengan H₂O dan volume ditepatkan menjadi 50 ml. Selanjutnya dilakukan pengocokan hingga homogen dan dibiarkan selama 1 malam. Larutan sampel kemudian disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih. Satu ml larutan ekstrak ACT diambil dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml serta ditambah aquadest hingga tanda batas, kemudian dikocok hingga homogen. Pengukuran K dilakukan dengan menggunakan SSA dengan deret standar sebagai pembanding.

Penghitungan menurut Eviati dan Sulaeman (2009) sebagai berikut.

Kadar K (%) = ppm kurva x ml ekstrak/1000 ml x 100/mg

contoh x fk

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

100 = faktor konversi ke %

3.5.6.5 Rasio C/N

Pengukuran rasio C/N dilakukan dengan menghitung perbandingan nilai Total C-organik dan Nitrogen Total yang diperoleh dari data hasil analisis (Hidayati, 2013).

Penghitungan :

Rasio C/N = Nilai C organik / Nilai N total

3.5.7 Analisis Biologi *Aerated Compost Tea* (ACT)

3.5.7.1 Penghitungan Populasi Mikroba pada *Aerated Compost Tea*

Penghitungan populasi mikroba dalam ACT menggunakan metode penghitungan *Total Plate Count* (TPC) (Sari, 2013). Sebanyak 100 µl sampel ACT pada masa inkubasi 48 jam diambil untuk dilakukan penghitungan populasi mikroba. Sampel tersebut dimasukkan kedalam 9 ml akuades steril untuk dilakukan proses pengenceran bertingkat dengan dibuat dilusi 10^{-1} - 10^{-7} . Dari pengenceran dilusi 10^{-7} diambil sebanyak 1 ml larutan sampel, kemudian diinokulasikan pada media PDA. Pada perlakuan ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil inokulasi kemudian diinkubasi selama ± 5 hari dan diamati pertumbuhan populasi mikroba yang terjadi. Selanjutnya dihitung jumlah populasi mikroba yang tumbuh dengan penghitungan

Total Plate Count (TPC). Jumlah populasi mikroba dinyatakan dalam bentuk cfu/ml (*colony forming unit*). Rumus penghitungan *Total Plate Count* (TPC) populasi mikroba (Prescout, 2002):

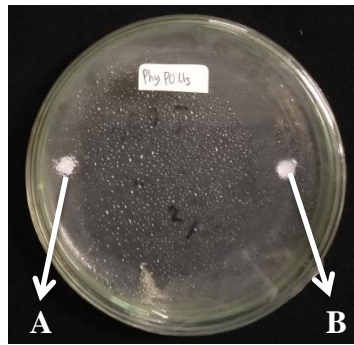
$$\text{Koloni per-ml (cfu / ml)} = \text{Jumlah koloni} \times (1 / \text{FP})$$

Keterangan :

FP (Faktor Pengenceran) = pengenceran awal x pengenceran selanjutnya x jumlah suspensi yang ditumbuhkan (volume yang dimasukkan kedalam cawan petri)

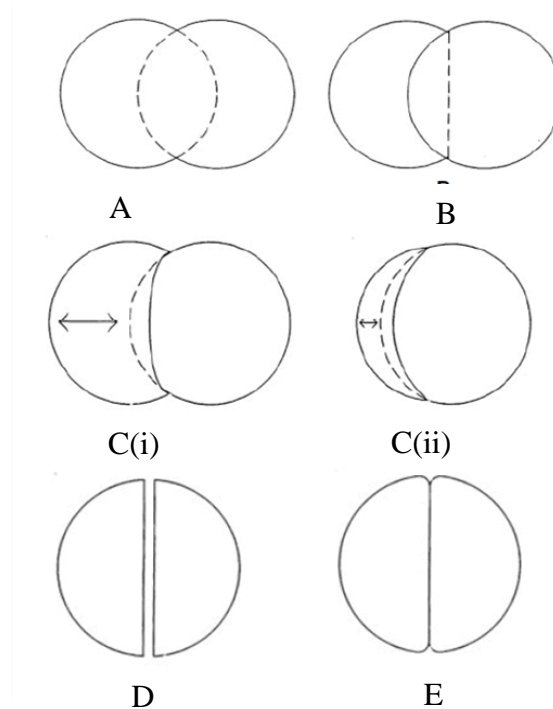
3.5.8 Uji *In Vitro* ACT Terhadap Penekanan Jamur Patogen *Phytophthora* sp.

Uji *in vitro* ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penghambatan pertumbuhan *Phytophthora* sp. dilakukan dengan uji kompatibilitas. Uji kompatibilitas merupakan faktor penting untuk mengetahui sinergisme antar isolat. Apabila terdapat sinergisme antar isolat, maka dapat diketahui bahwa isolat tersebut bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam keterbatasan nutrient (Irawan *et al.*, 2014). Pengujian kompatibilitas ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penekanan pertumbuhan *Phytophthora* sp. dilakukan dengan memodifikasi metode Irawan *et al.* (2014). Sebanyak 20 mL media PDA dimasukkan ke dalam cawan petri steril. Setelah media memadat, dimasukkan satu buah cakram kertas berdiameter 0,5 cm yang telah direndam suspensi patogen *Phytophthora* sp. dengan kepadatan 10^{-7} sel / mL pada sisi kiri media. Kemudian dimasukkan satu buah cakram kertas berdiameter 0,5 cm, yang sebelumnya telah direndam larutan sampel ACT serat bromelain, dengan masing-masing perbandingan kompos : air 1:3, 1:4, dan 1:5 (w/v). Selanjutnya cakram ACT serat bromelain diletakkan pada sisi kanan cakram jamur patogen *Phytophthora* sp. dengan jarak 4 cm, sebagai perlakuan kontrol digunakan akuades steril untuk mengganti ACT. Selanjutnya kultur dalam *petridish* tersebut diinkubasi selama 5 hari pada suhu 25 °C. Perlakuan ini ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Uji *in vitro* ACT serat bromelain (A) cakram patogen *Phytophthora* sp., (B) cakram ACT serat bromelain

Mekanisme penentuan jenis interaksi antar cakram patogen dan cakram ACT serat bromelain mengikuti penentuan jenis interaksi menurut Mohammad *et al.* (2011), dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Jenis interaksi pada pengujian kompatibilitas (A) Kompatibel penuh (*Mutual Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang tumbuh menjadi satu sama lain tanpa ada tanda-tanda interaksi. (B) Kompatibel sebagian (*Partial Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang salah satu koloninya dapat tumbuh di atas atau di bawah ataupun saling bersentuhan tanpa adanya zona hambat. (C(i)) Invasi awal, (C(ii)) Invasi

akhir (*Replacement*), yaitu salah satu koloni mampu tumbuh menguasai nutrisi dalam media, sehingga menyebabkan pertumbuhan koloni lainnya menjadi terhenti. (D) Penghambatan jarak (*Inhibition at Distance*), yaitu penghambatan antar kedua koloni pada jarak >2 mm. (E) Penghambatan Titik (*Inhibition at Touching Point*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang saling bersentuhan, hingga membentuk *gap* antar koloni yang terlihat jelas sebesar 1 mm.

3.5.9 Uji *In Vivo* ACT Terhadap Penekanan Jamur Patogen *Phytophthora* sp.

3.5.9.1 Intensitas Kejadian Penyakit

Uji *in vivo* ACT diawali dengan pemilihan benih pakcoy yang berukuran normal, tidak kopong, tidak kisut, berwarna cerah, dan berukuran seragam. Benih pakcoy dikecambahkan dan disemai selama ± 14 hari. Selanjutnya dilakukan pembuatan suspensi jamur patogen *Phytophthora* sp. dengan mengambil biakan fungi tersebut menggunakan jarum ose. Kemudian suspensi jamur patogen *Phytophthora* sp. diencerkan dengan akuades steril hingga pengenceran 10^{-7} sel/mL. Selanjutnya akar semaian direndam dalam 30 mL suspensi patogen 10^{-7} sel/mL selama 5 menit (Radin and Philip, 2010). Semaian yang diinokulasi kemudian ditanam pada media tanah di dalam *polybag* dengan ukuran 30 cm x 30 cm yang telah diberi 100 mL ACT serat bromelain sehari sebelum infeksi patogen. Masing-masing *polybag* berisi 4 semaian.

Kemudian tanaman diberi 50 mL ACT dengan perlakuan seperti pada rancangan percobaan. Selanjutnya pemberian ACT serat bromelain pada tanaman dilakukan setiap 7 hari sekali (Radin and Philip, 2010). Pada kontrol, tanaman yang telah diinokulasikan *Phytophthora* sp. hanya disiram menggunakan air. Pengamatan intensitas kejadian penyakit pada tanaman pakcoy yang diinfeksi *Phytophthora* sp. dilakukan setiap 7 hari sekali selama 28 hari pengamatan.

Penghitungan intensitas kejadian penyakit dilakukan dengan menggunakan rumus (Chiang *et al.*, 2017):

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan:

- I : Intensitas kejadian penyakit (%)
- n : Jumlah daun yang terinfeksi
- v : Nilai skor tiap kategori infeksi
- Z : Nilai skor infeksi tertinggi (Z = 5)
- N : Banyaknya daun yang diamati

Nilai skoring yang digunakan adalah:

- 0 : Tidak terinfeksi
- 1 : Jumlah daun terinfeksi 1 - 25%
- 2 : Jumlah daun terinfeksi 26 - 50%
- 3 : Jumlah daun terinfeksi 51 - 75%
- 4 : Jumlah daun terinfeksi 76 - 100%

3.5.9.2 Morfologi Tanaman

3.5.9.2.1 Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada umur 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 28 HST. Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang sampai ujung daun (Febrianto dkk., 2018).

3.5.9.2.2 Jumlah Daun

Jumlah daun diperoleh dari keseluruhan daun yang terbentuk pada tanaman sampel, pada 7 HST, 14 HST, 21 HST dan 28 HST (Oktaviani dan Sholihah, 2018).

3.5.9.2.3 Berat Segar Tanaman

Berat segar hasil penanaman dihitung dari berat tanaman secara keseluruhan dengan menggunakan timbangan analitik.

3.5.9.2.4 Berat Kering Tanaman

Berat kering tanaman dilakukan dengan cara tanaman sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu $\pm 75 - 80^{\circ} \text{C}$ selama 48 jam, kemudian berat kering tanaman ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

3.5.9.3 Fisiologi Tanaman

3.5.9.3.1 Analisis Kandungan Klorofil

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada hari terakhir pengamatan. Bahan analisis klorofil menggunakan daun tanaman uji sebanyak 0,1 gr. Langkah pertama daun tanaman digerus dengan mortar dan ditambahkan 10 ml alkohol 96%. Setelah itu larutan disaring dengan kertas Whatman No.1 dan dimasukkan ke dalam flakon lalu ditutup rapat. Larutan sampel dan larutan standar alkohol 96% sebanyak 1 ml dimasukkan ke dalam kuvet. Setelah itu dilakukan pembacaan serapan dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang (λ) 648 nm dan 664 nm, dengan tiga kali ulangan setiap sampel.

Kadar klorofil dihitung dengan menggunakan rumus Miazek (2002). sebagai berikut.

$$\text{Klorofil Total} = 5,24 \lambda_{664} + 22,24 \lambda_{648} \text{ mg/l}$$

$$\text{Klorofil a} = 13,36 \lambda_{664} - 5,19 \lambda_{648} \text{ mg/l}$$

$$\text{Klorofil b} = 27,43 \lambda_{648} - 8,12 \lambda_{664} \text{ mg/l}$$

3.5.9.3.2 Analisis Kandungan Karbohidrat

Analisis kandungan karbohidrat dilakukan menggunakan metode Apriantono dkk. (1989) dengan mengambil sampel daun tanaman pakcoy berumur 28 HST sebanyak 0,1 gr. Selanjutnya daun tersebut dihaluskan dengan menggunakan mortar. Kemudian sampel tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 ml aquadest steril, lalu disaring dengan menggunakan kertas saring. Sebanyak 1 ml ekstrak daun yang telah disaring diberikan tambahan 2 ml aquadest, 2 ml H₂SO₄ pekat dan 1 ml fenol 5%, kemudian dikocok dan didiamkan selama beberapa menit. Pengukuran kandungan karbohidrat dari ekstrak daun pakcoy dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis 1800 pada panjang gelombang 490 nm.

3.5.9.3.3 Analisis Kandungan Enzim Peroksidase

Analisis aktivitas enzim peroksidase dilakukan dengan metode Zen dkk. (2002) yang dimodifikasi. Daun tanaman pakcoy segar sebanyak 0,5 gr digerus menggunakan mortar dalam 100 ml aquadest pada suhu 4⁰C hingga homogen. Kemudian sampel tersebut disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya filtrat tersebut disentrifugasi pada suhu 4⁰C selama 15 menit pada 4500 putaran per menit. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak enzim. Dua tabung digunakan untuk menentukan aktivitas enzim peroksidase. Tabung pertama sebagai blanko berisi campuran yang terdiri atas 5 ml ekstrak enzim dan 5 ml larutan *pyrogallol*. Tabung kedua berisi campuran yang terdiri atas 5 ml ekstrak enzim, 5 ml larutan *pyrogallol*, dan 5 ml H₂O₂ dengan konsentrasi 1%. Penentuan aktivitas enzim peroksidase dilakukan berdasarkan pada absorbansi dari larutan yang diuji menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 m.

3.6 Analisis Data

Data kualitatif hasil analisis kimia dan biologi disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif yang didukung oleh gambar. Data kuantitatif pengujian pengaruh pemberian ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penekanan pertumbuhan *Phytophthora* sp. dan pertumbuhan tanaman pakcoy secara *in vitro* dan *in vivo* dianalisis menggunakan Analisis Ragam (*Analysis of Variance*) atau ANOVA, dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf nyata 5% untuk melihat perbedaan antar perlakuan.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. kualitas kimia dan biologi ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3), tertinggi pada perlakuan P1 (100 gram kompos : 300 mL air).
2. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dapat menekan pertumbuhan patogen *Phytophthora* sp. secara *in vitro*, dengan perlakuan terbaik pada P1 (100 gram kompos : 300 mL air).
3. ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) dapat menekan patogen *Phytophthora* sp., sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman pakcoy secara *in vivo*, dengan perlakuan terbaik pada P1 (100 gram kompos : 300 mL air) terhadap semua parameter morfologi dan fisiologi tanaman.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan untuk:

1. mengidentifikasi jenis fungi yang terdapat di dalam ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3).
2. mengukur parameter fisiologi tanaman lainnya seperti kandungan fenolik total *compost tea* dan ketebalan lignin pada tanaman uji, untuk mengetahui pengaruh ACT terhadap ketahanan tanaman dalam penekanan patogen.
3. menggunakan ACT serat bromelain yang diinduksi inokulum fungi *Aspergillus* sp. (Bio GGP 3) terhadap penekanan patogen lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 1997. *Ilmu Penyakit Tumbuhan (Terjemahan) Edisi Ketiga*. UGM Press. Yogyakarta.
- Aiman, U., Sriwijaya, B., dan Ramadani, G. 2015. Pengaruh Saat Pemberian PGPRM (*Plant Growth Promoting Rhizospheric Microorganism*) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Buncis Perancis. The 2nd University Coloqium. 2: 8-15.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C.W., and Black, W.M. 1996. *Introductory Micology*. Wiley. New York.
- Apriantono, A.D., Fardiaz, N.L., Pustpitasari, Sedarnawati, S., dan Budiyanto. 1989. *Analisis Pangan: Petunjuk Laboratorium*. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Balajee, M.S. 2009. *Aspergillus terreus* Complex. *Journal of Medical Mycology*. 47: S42-S46.
- Banu, A. dan Anna, T. 2018. Pengaruh Penggunaan Kombinasi Kompos Teh dan Arang Kesambi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah Hijau (*Amaranthus* sp.). *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 3(2): 33-37.
- Berek, A. 2017. Teh Kompos dan Pemanfaatannya Sebagai Sumber Hara dan Agen Ketahanan Tanaman. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 2(4): 68-70.
- Bernal-Vicente, A., Ros, M., Tittarelli, F., Intigliolo, F., and Pascual, J.A. 2008. Citrus Compost and Its Water Extract for Cultivation of Melon Plants in Greenhouse Nurseries. Evaluation of Nutriactive and Biocontrol Effect. *Biores Journal. Technol.* 99: 8722-8728.
- Beye, I. and Lafay, J.F. 1985. Study for Selection Criteria for General Resistance to *Verticillium* Wilt of Tomato. *Journal of Agronomic*. 5: 305-311.

- Bria, D. 2016. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Teh Kompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss). *Jurnal Savana Cendana*. 1(3): 108–111.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G. 2003. *Biologi Jilid 2 Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Chiang, K.S., Liu, H.I., and Bock, C.H. 2017. A Discussion on Disease Severity Index Values. Part I: Warning on Inherent Errors and Suggestions To Maximize Accuracy. *Annals of Applied Biology*. 171 (2): 139-154.
- Cholil, A. dan Latief, A. 1991. *Penyakit-penyakit Penting Tanaman Pangan. Pendidikan Program Diploma Satu Pengendalian Hama Terpadu*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Cronquist, A. 1981. *An Intergrated System of Clasification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Dalimartha, S. 2001. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2*. Trubus Agriwidya 140-145. Jakarta.
- Dearborn, Y. 2011. *Compost Tea: Literature review on production, application and plant disease management*. San Francisco.
- Dia´nez F. J. 2005 Evaluacio ´n de la capacidad supresora de la microbio ´tica bacteriana y fu ´ngica del compost de orujo de vid frente a hongos fitopato ´genos. *PhD Dissertation*. University of Almeri ´a, Almeri ´a.
- Di´anez F., D.M. Santos and J.C. Tello, 2007. Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 40, 1–18.
- Dionne A., R.J. Tweddell, H. Antoun and T.J. Avis, 2012. Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens of tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 34, 51–57.
- Direktorat Jenderal Hortikultura dan Badan Pusat Statistik. 2017. Sub Sektor Hortikultura (Online). http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datahorti Diakses 20 September 2021.
- Diver, S. 2002. *Notes on Compost teas: A 2001 supplement to the ATTRA Publication "Compost Teas for Plant Disease Control"*. ATTRA Publication Fayetteville. Arkansas.

- Dolar, F.S. 2001. Antagonis Effect of *Aspergillus yukawa* on Soilborne Pathogens of Chikpea. *Tari Bilimleri Dergisi*. 8(2): 167-170.
- Dukare, A. S., Prasanna, R., Dubey, S. C., Nain, L., Chaudhary, V., Singh, R., and Saxena, A. K. 2011. Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato. *Crop protection*. 30(4): 436-442.
- Dwicaksono, M. R. B., Suharto, B., dan Susanawati, L. D. 2013. Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms Pada Limbah Cair Industri Perikanan Terhadap Kualitas Pupuk Cair Organik. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(1), 7-11.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.
- Febrianto, Dwi., Hastuti, P.B., dan Umami, A. 2018. Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Dosis Pupuk Nitrogen pada Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae*). *Jurnal Agromast*. 3: 1.
- Gabriel, B.P. dan Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae (Metch) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya*. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan-Departemen Pertanian. Jakarta.
- Gaind, S., Nain, L., and Patel, V.B. 2009. Quality Evaluation of Co-Composted Wheat Straw, Poultry Droppings and Oil Seed Cakes. *Journal of Biodegradation*. 20: 307-317.
- Gaur, A.C. 1983. *A Manual of Rural Composting*. Project Field Document. Rome.
- Griffin, R.C. 1994. *Technical Methode of Analyst*. Mc.Graw Hill. New York.
- Hamdani, A. 2015. Uji Kemampuan Campuran *Trichoderma* sp dan *Aspergillus* sp. Sebagai Biodekomposer Terhadap Laju Pengomposan Limbah Jerami Padi. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hammoudi, O.S.M., Abuamsha, R., Ehlers, R. 2012. Effectiveness of bacterial and fungal isolates to control *Phoma lingam* on oilseed rape *Brassica napus*. *America Journal Plant Sci*. 3:773–770.
- Haryadi, D., Yetti H., dan Yoseva, S. 2015. Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica albuglabra* L.). *Journal Fapetra*. 2(2): 1-10.
- Haryanto, E., Suhartini, T., Rahayu, E., dan Sunarjono, H.H. 2007. *Sawi dan Selada*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Hendawy, S.F. 2008. Comparative Study of Organic and Mineral Fertilization on *Plantago arenaria* Plant. *Journal of Applied Sciences Research*. 4(5): 500- 506.
- Hidayat, P. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Jurnal Teknologi*. 13(5): 31-35.
- Hidayati, E. 2013. Kandungan Fosfor, C/N, dan pH Pupuk Cair Hasil Fermentasi Kotoran Berbagai Ternak dengan Starter Stardec. *Skripsi*. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Pendidikan Biologi IKIP PGRI Semarang.
- Hoitink, H.A.J., Grebus, M.E., and Stone, A.G. 1997. Impacts of Compost Quality on Plant Disease Severity. *Modern Agriculture and The Environment*. *Springer-Science Business Media Dordrecht*. pp. 363–371.
- Hutabalian, M., Pinem, M. I., dan Oemry, S. 2015. Uji Antagonisme Beberapa Jamur Saprofit dan Endofit dari Tanaman Pisang Terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. cubens di Laboratorium. *Jurnal Online Agroteknologi*. 3(2): 687-695.
- Ingham, E.R., Alms, M., 2003. *The Compost Tea Brewing Manual*, 4th ed. Soil Foodweb, Corvallis. Oregon USA
- Ingham, E. R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*. Soil Foodweb Inc. Oregon. USA.
- Ingham, E.R., and Rollins, C.A. 2006. Actively Aerated Compost Teas, In Adding biology for soil and hydroponic systems. *Nature Technologies*. LLC. Sonoma.
- Irawan, B., Kasiamdari, R.S., Sunarminto, B.H., and Sutariningsih, E. 2014. Preparation of Fungal Inoculum For Leaf Litter Composting From Selected Fungi. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(3): 1-7.
- Irawan, B. dan R. Wigianti. 2004. Pengujian Daya Dekomposisi Beberapa Isolat Mikrofungi Tanah dari Perkebunan Kelapa Sawit Natar Lampung Selatan. *Jurnal Sains Teknologi*. 10(3): 1-4.
- Irawan, B. and Yulianty. 2006. Decomposition of Ability of Soil Microfungi Isolated From Sumberjaya Coffee Plantation, West Lampung. *J. Sains Tek*. 12: 103-106.

- Islam, M.K., Yaseen, T., Traversa, A., Ben Kheder, M., Brunetti, G., and Coccozza, C. 2016. Effect of The Main Extraction Parameters on Chemical and Microbial Characteristics of Compost Tea. *Waste Manage Journal*. 52: 62-68.
- Isroi. 2008. Kompos. *Makalah*. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.
- Istifadah, N., Firman, A.R., and Desiana, M.F. 2020. Effectiveness of compost and microbialenriched compost to Suppress powdery mildew and early blight diseases in tomato. *J Anim Plant Sci*. 30(2): 377-383
- Karezooni, E.A., Maharachchikumbura, S.S.S.N., Al-Sadi, A.M., Kang, S.M., Yun, B.W., and Lee, I.J. 2021. Biocontrol Potential of *Bacillus amyloliquefaciens* Against *Botrytis pelargonii* and *Alternaria alternata* on *Capsicum annum*. *Journal of Fungi*. 7: 472.
- Khoirunisa, Sally. 2020. Penggunaan Compost Tea yang Diinduksi Inokulum Fungi Lignoselulolitik Pada Media Tanam Copeat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 78-84.
- Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Hong, S. J., Park, J. H., Han, E. J., Eun, J. H., and Kim, J. H. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*. 31(3): 259-268.
- Koné, S. B., Dionne, A., Tweddell, R. J., Antoun, H., and Avis, T. J. 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological control*. 52(2), 167-173.
- Kumar, A., Gaind, S., and Nain, L. 2008. Evaluation of Thermophilic Fungal Consorsium for Paddy Straw Composting. *Journal Biodegradation*. 19: 395- 402.
- Kurniawan, D., Sri, K., dan Nimas, M. S. S. 2013. Pengaruh Volume Penambahan Effective Microorganism 4 (EM4) 1% dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Pupuk Bokashi dari Kotoran Kelinci dan Limbah Nangka. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 2(1): 57–66.
- Kusuma, R.R., Mahfudhloh, S., dan Aini, L.Q. 2016. Aplikasi Teh Kompos Untuk Menekan Penyakit Pustul Bakteri pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*. 4(3): 144-153.

- Malloch, M.S. and Hobbie, J.E. 1981. *Moulds: Their Isolation, Cultivation, and Identification*. University of Toronto Press.
- Makiah, M. 2013. Analisis kadar n, p dan k pada pupuk cair limbah tahu dengan penambahan tanaman matahari meksiko (*thitonia diversivolia*). *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Mansour, F.S. and El-Sayed, G.A.M. 2011. Soil amendment and seed treatments with compost tea as alternative fungicide for controlling root rot disease of bean plant. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 21(1): 19-26.
- Marianah, L. 2013. *Analisa Pemberian Trichoderma sp. Terhadap Pertumbuhan Kedelai*. Balai Pelatihan Pertanian Jambi. Jambi.
- Marin, F., Dianez, F., Santos, M., Carretero, F., and Castaneda, C. 2013. Characters of Compost Teas from Different Sources and Their Suppressive Effect on Fungal Phytopathogens. *World J Microbiol Biotechnol*. 29: 1371-1382.
- Margulis, L. and Schwartz, K.V. 1982. *Five Kingdoms. An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*. San Francisco.
- Martin C.C.G. and R.A.I. Brathwaite, 2012. Compost and compost tea: principles and prospects as substrates and soilborne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biological Agriculture & Horticulture* 28, 1–33.
- Miazek, K. 2002. Chlorophyll Extraction From Harvested Plant Material. Stanslaw Lekadowicz.
- Mohammad, N., Alam, Z., Kabashi, N. A., and Adebayo, O. S. 2011. Development of compatible fungal mixed culture for composting process of oil palm industrial waste. *African Journal of Biotechnology*. 10(81): 18657-18665.
- Monda, H., Cozzolino, V., Vinci, G., Spaccini, R., Piccolo, A., 2017. Molecular characteristics of water-extractable organic matter from different composted biomasses and their effects on seed germination and early growth of maize. *Sci. Total Environ*. 590–591, 40–49.
- Morales-Corts, M. R., Perez-Sanchez, R. and Gomez-Sanchez, M. A. 2016. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*. 75 (5): 400-409.

- Mulyatun. 2016. *Sumber Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dari Limbah Kotoran Sapi*. 16(1): 191-214.
- Murayama, S. and Zahari, A.B. 1992. *Biochemical Decomposition of Tropical Forest*. In Proceeding of The International Symposium on Tropical Peatland pp. 124-133. Malaysia.
- Murbandono, L. 2000. *Membuat Kompos*. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Murni, R., Suparjo, A., dan Ginting, B.L. 2008. *Teknologi Pemanfaatan Limbah untuk Pakan. Lab. Makanan Ternak*. Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Jambi.
- Musnamar, Hs. 2007. *Pupuk Organik Cair dan Padat, Pembuatan, Aplikasi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Muyolo, N.G., Lipps, P., and Schmitthener, A. 1993. Anastomosis Grouping and Variation In Virulence Among Isolates of *Rhizoctonia solani* Associated With Dry Bean and Soybean In Ohio and Zaire. *Journal of Phytopathology*. 10(1094): 83-438.
- Nasir. 2007. Pengaruh Penggunaan Pupuk Bokashi Pada Pertumbuhan dan Produksi Padi Palawija dan Sayuran. <http://www.disperternakpandeglang.go.id>. Diakses 20 September 2021.
- Naidu, Y., Meon, S., and Siddiqui, Y. 2013. Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. *Scientia Horticulturae*. 159: 33-40.
- Niati, Sarah. 2017. Studi Aplikasi Inokulum Fungi *Geotrichum* Sp. pada Kondisi Asam dengan Media Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) terhadap Kualitas Kompos Serasah. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Nicholson, R. I., and Hammerschmidt, R. 1992. Phenolic Compounds and Their Role in Disease Resistance. *Annual Review of Phytopathology*. 30: 369-389.
- Numberger, T., Brunner, F., Kemmerling, B., and Plater. 2004. Innate Immunity in Plant and Animal : Striking Similarities and Obvious Differences. *Immunol Rev*. 198 : 249-266.
- Oktaviani, Evi., dan Sholihah, S.M. 2018. Pengaruh Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* var. *Acephala*) Sistem Vertikultur. *Jurnal Akrab Juara*. 3(1): 63-70

- Pane C., D. Vilecco, F. Campanile and M. Zaccardelli, 2012. Novel strains of *Bacillus*, isolated from compost and compost- amended soils, as biological control agents against soil-borne phytopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology* 22, 1373–1388.
- Pane C., G. Celano, D. Vilecco and M. Zaccardelli, 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection* 38, 80–86.
- Pane C., R. Spaccini, A. Piccolo, F. Scala and G. Bonanomi, 2011. Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control* 56, 115–124.
- Pane, C., Celano, G., Piccolo, A., Vilecco, D., Spaccini, R., Palese, A. M., and Zaccardelli, M. 2015. Effects of on-farm composted tomato residues on soil biological activity and yields in a tomato cropping system. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2(1): 1-13.
- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. and Arancon, N. Q. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak-choi yield, quality, and on Soil biological properties. *Compost Science Utilization*. 19(4): 279–292.
- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. and Robert, P. 2012. Biochemical Properties Of Compost tea Associated With Compost Quality and Effects on Pak Choi Growth. *Scientia Horticulture*. 148(1): 138-146.
- Pardo, M.E.S., Casselis, M.E.S., Escobedo, R.M., and Garcia, E.J. 2014. Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of agricultural Chemistry and Environment*. (3): 53-56.
- Perez, J., Munoz-Dorado, J., Rubia, T., and Martinez, J. 2002. Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin. *Journal International of Microbiology*. 5: 53-63.
- Pracaya dan Kartika, J.G. 2016. *Bertanam 8 Sayuran Organik*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prescot, L.M., Harley, J., and Klein, P. 2002. *Microbiology*. 5th edition The Mc Graw Hill companies. North America.
- Prescout, H. 2002. *Laboratory Exercises in Microbiology*. 5th Edition. Mc-Graw-Hill Companies. 456.

- Putra, Gustu W. K., Ramona, Yan, dan Proborini, M. T. 2020. Ekplorasi Dan Identifikasi Mikroba Yang Diisolasi dari Rhizosfer Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.) Di Kawasan Pancasari Bedugul. *Jurnal Metamorfosa* 7(2): 205-213.
- Putri, Arantika R.M., Yuanita, Tamara, dan Roelianto, M. 2016. Daya Anti Bakteri Ekstrak Kulit Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Bakteri *Enterococcus faecalis*. *Journal of Conservative Dentistry*. Vol 6 No 2.
- Radin, A.M. and Warman, P.R. 2010. Assessment of Productivity and Plant Nutrition of Brussels Sprouts Using Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments. *Int. J. Vegetable Sci.* 16: 374-391.
- Radovich, T., Hue, N.V., and Pant, A. 2011. *Compost Tea Quality Time in The Tropics*. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. USA.
- Said-Pullicino, D., Erriquens, F. G., and Gigliotti, G. 2007. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource technology*. 98(9): 1822-1831.
- Sang, M. K. and Kim, K. D. 2011. Biocontrol activity and primed systemic resistance by compost water extracts against anthracnoses of pepper and cucumber. *Journal of Phytopathology*. 6: 136-713.
- Sari, R.N. 2002. Analisis Keragaman Morfologis dan Kualitas Buah Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Queen di Empat Desa Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Sari, S. 2013. Pengaruh Penggunaan Teh Kompos Untuk Menekan Perkembangan Penyakit Hawar Daun (*Pantoea* sp.) pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Tesis*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Saetre, P. 1998. Decomposition, Microbial Community Struture, and Earthworm Effects Along a Birch-spure Soil Gradient. *Journal of Ecology*. 79: 834-846.
- Salim, F.U. 2015. Penilaian Kualitas Kompos dari Bahan Brangkas Jagung dan Limbah Baglog Jamur Serta Peranan Aktivator Pemercepat Pengomposan. Fakultas Pertanian. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Scheuerell S.J. and W.F. Mahaffee, 2004. Compost tea as container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94,1156–1163.
- Sentana, S., Suyanto, M.A., Subroto, dan Suprapedi, S. 2010. Pengembangan dan Pengujian Inokulum Untuk Pengomposan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 4 No. 2. LIPI.
- Septitasari, A.W. 2020. Aplikasi Teh Kompos dan Media Serbuk Kelapa dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 73-77.
- Setiyarto, Catur. 2011. Peningkatan Kadar Protein Kasar Ampas Kulit Nanas Melalui Fermentasi Media Padat. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setyaningrum, H.D. dan Saparinto, C. 2011. *Panen Sayur Secara Rutin di Lahan Sempit*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M. and Ali, A., 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence: morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Scientia Horticulturae*. 117(1): 9–14.
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman; Suplemen ke Gulma dan Nematoda*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Sholikah, M.H. 2013. Efektivitas Kandungan Unsur Hara N pada Pupuk Kandang Hasil Fermentasi Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.). *Journal of Chemistry*. 2(1): 131-136.
- Srikandi, Fardiaz. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- St. Martin, C.C.G. 2015. *Enhancing Soil Suppressiveness Using Compost and Compost Tea*. Springer International Publishing. Switzerland.
- Stanburry, P.F. and Whittaker, A. 1984. *Principles of Fermentation Technology*. Pergamon Press. New York.
- Straatsma, G. and Samsons, R.A. 1993. Taxonomy Of *Scytalidium Thermophilum*, an Important Thermophilic Fungus In Mushroom Compost. *Journal Mycol Res*. 321-328.

- Sucipta, N. K. S. P., Kartini, N. L., dan Soniari N. N. 2015. Pengaruh Populasi Cacing Tanah dan Jenis Media terhadap Kualitas Pupuk Organik. *E-jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(3): 213-223.
- Sunarjono. 2003. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press hal 428. Jakarta.
- Suriawiria, U. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. Papas Sinar Sinanti. Jakarta.
- Susetya, D. 2016. *Panduan Lengkap Membuat Pupuk Organik*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Tahir, I., Sumarsih, S., dan Astuti, S.D. 2008. Kajian Penggunaan Limbah Buah Nanas Local (*Ananas comosus* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Nata. *Makalah Seminar Nasional Kimia XVIII*. Jurusan Kimia FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Venkatasubbaiah, P. and Safeeulla, K.M. 1984. *Aspergillus niger* for biological control of *Rhizoctonia solani* on coffee seedling. *Trop. Pest Management*. 30(4) : 401-406.
- Wahyuni, Sri. 2005. Pemanfaatan Kulit Nanas (*Ananas comosus*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Cuka Dengan Penambahan *Acetobacter aceti*. *Skripsi*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Welke, S.E. 2008. The Effect of Compost Extract on The Yield of Strawberries and The Severity of *Botrytis cinerea*. *Journal of Sustain Agric*. XXV(1): 57-68.
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Shalihatunnisa, Riniati, Djenar, M.S., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A., dan Abdillah, F. 2021. Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*. 4(1): 30-39.
- Widiyaningrum, P. 2016. Penggunaan EM4 dan MOL limbah tomat sebagai bioaktivator pada pembuatan kompos. *Life Science*. 5(1): 18-24.
- Wulandari, D. 2012. Pengaruh Dekomposer *Trichoderma harzianum* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau Pada Tanah Gambut. *Artikel Ilmiah*. Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Tanjungpura. Pontianak.

- Yasyifun, N. 2008. Respon Pertumbuhan, Serapan Hara dan Efisiensi Penggunaan Hara Tanaman Kedelai (*Glycine max*) dan Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Kompos Yang Di Perkaya Mikrob Aktivator. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ying, G.H., Chi, L.S., and Ibrahim, M.H. 2012. Changes of Microbial Biota during the Biostabilization of Cafeteria Wastes by Takakura Home Method (THM) Using Three Different Fermented Food Products. *International Annual Symposium on Sustainability Science and Management*. 1408-1413.
- Yogiandre. 2011. Budidaya Pakcoy.
http://kios.tabloidtransagro.com/budidaya_pakcoy. Diakses pada 20 September 2021.
- Zainal, M., Agung N. dan Nur, E. S. 2014. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) pada Berbagai Tingkat Pemupukan N dan Pupuk Kandang Ayam. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Zhang, W.D., Han, Y., Dick, W.A., Davis, K.R., and Hoitink, H.A.J. 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and Arabidopsis. *Journal of Phytopathology*. 88: 450–455.
- Zen, K., Setiamihardja, R., dan Murdaningsih, T.S. 2002. Aktivitas Enzim Peroksidase Pada Lima Genotip Cabai yang Mempunyai Ketahanan Berbeda Terhadap Penyakit Antraknosa. *Jurnal Agronomi*. 13(2): 97-105.